

Kasus Kegagalan Konstruksi Dinding Penahan Tanah Rumah Mewah Di Atas Tanah Lunak

Idrus Muhammad A¹, Helmy Darjanto²

Program Studi Teknik Sipil, ISTN, Jakarta

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Narotama, Surabaya

Email: helmy.darjanto@narotama.ac.id

ABSTRAK

Kasus kegagalan konstruksi Dinding Penahan Tanah (DPT) suatu rumah mewah di atas tanah lunak diduga terjadinya dikarenakan lemahnya informasi penyelidikan tanah. Keruntuhan terjadi saat DPT setinggi 2,5 m selang 2 tahun ditinggikan menjadi 5 m. Dari hasil penyelidikan tanah setelah mengalami kegagalan konstruksi bahwa di lokasi proyek hasil stratigrafi lapisan tanah menggambarkan adanya lapisan tanah lempung lunak ($N_{SPT} = 2 - 5$) setebal 6 meter yang terbentuk di atas lapisan *cemented sand* dengan nilai $N_{SPT} > 60$. Kemudian selain stratigrafi lapisan tanah tersebut juga ada perbedaan muka air tanah dari hasil penyelidikan dan gambar desain sebesar 1,7 meter (muka air tanah berada 5 m – 6,7 m dari permukaan tanah). Diduga perbedaan ini terjadi akibat adanya fluktuasi muka air tanah (m-a-t) pada danau di sekitar proyek. Dampak adanya fluktuasi ini bisa menurunkan kuat geser tanah. Oleh karena lemahnya informasi penyelidikan tanah maka penggunaan *soldier strauss* yang ujung *strauss* diduga berdiri di atas lapisan tanah *cemented sand* atau pada tanah lunak. Kondisi ini memungkinkan ujung *strauss* tergelincir saat terjadi pergerakan tanah akibat penambahan tinggi DPT sehingga terganggu stabilitasnya. Struktur DPT terdiri dari pasangan batu yang berdiri di atas *pilecap soldier strauss*. Menurut Nowak (2012) kegagalan konstruksi dipicu oleh: 1). Struktur geologi tanah, 2). Adanya zona permeabilitas yang berbeda kontras antara lapisan pasir tersementasi dan lempung (*inter-bedded cemented sand and clays*), 3). Adanya rekahan alami- *slip surface*, 4). Adanya perubahan kadar air tanah akibat fluktuasi m-a-t maupun akibat musim hujan.

Kata kunci: Kegagalan Konstruksi, Tanah Lempung Lunak, Fluktuasi Muka Air Tanah

PENDAHULUAN

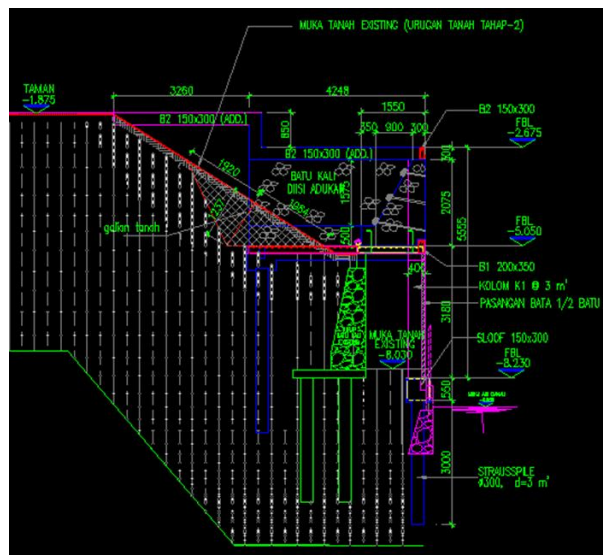
Ketidakpastian dalam rekayasa geoteknik harus disikapi dengan penuh kehati-hatian. Terjadi kembali kasus ke-gagalan konstruksi Dinding Penahan Tanah (DPT) suatu rumah mewah di atas tanah lunak diduga terjadinya dikarenakan lemahnya informasi penyelidikan tanah. Informasi awal tentang data penyelidikan tanah belum bisa diberikan sehingga harus dilakukan ulang penyelidikan tanah agar dapat dilakukan analisis balik kegagalan konstruksi tersebut. Keruntuhan terjadi saat DPT setinggi 2,5 m selang 2 tahun ditinggikan menjadi 5,3 m. Dari hasil penyelidikan tanah setelah mengalami kegagalan konstruksi bahwa di lokasi proyek hasil stratigrafi lapisan tanah menggambarkan adanya lapisan tanah lempung lunak ($N_{SPT} = 2 - 5$) setebal 6 meter yang terbentuk di atas lapisan *cemented sand* dengan nilai $N_{SPT} > 60$. Kemudian selain stratigrafi lapisan tanah tersebut juga ada perbedaan muka air tanah dari hasil penyelidikan dan gambar desain sebesar 1,7 meter (muka air tanah berada 5 m – 6,7 m dari permukaan tanah). Diduga perbedaan ini terjadi akibat adanya fluktuasi muka air tanah (m-a-t) pada danau di sekitar proyek. Dampak adanya fluktuasi ini bisa menurunkan kuat geser tanah. Oleh karena lemahnya informasi penyelidikan tanah maka penggunaan *soldier strauss* yang ujung *strauss* diduga berdiri di atas lapisan tanah *cemented sand*. Kondisi ini memungkinkan ujung *strauss* tergelincir saat terjadi pergerakan tanah akibat penambahan tinggi DPT sehingga terganggu stabilitasnya. Struktur DPT terdiri dari pasangan batu yang berdiri di atas *pilecap soldier strauss*. Kerusakan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Kegagalan Konstruksi DPT.

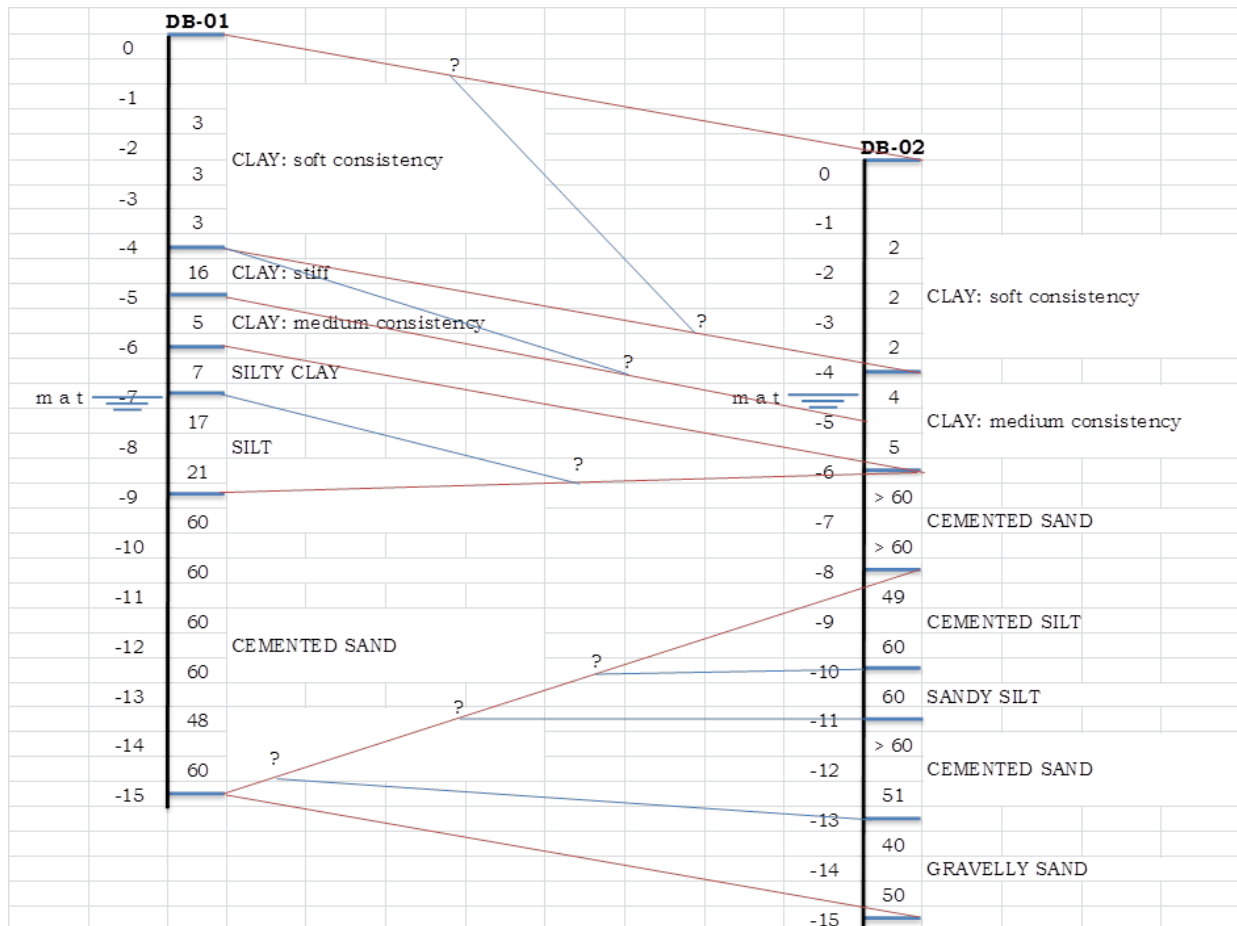
METODE PENELITIAN

Gerakan tanah merupakan suatu gerakan adanya lereng massa tanah akibat terganggunya kestabilan tanah penyusun lereng tersebut. Kajian mekanisme ketidakstabilan lereng dan kerentanan gerakan tanah merupakan salah satu usaha yang penting untuk mengurangi tingkat resiko bencana yang ditimbulkannya. Mekanisme gerakan dapat terjadi sebagai akibat dari adanya perubahan-perubahan pada suatu lereng, bisa berlangsung cepat maupun lambat fungsi waktu, sebagai interaksi antara kondisi morfologi, geologi, hidrologi, dan tata guna lahan. Perubahan-perubahan ini bisa berlangsung alami atau dipengaruhi oleh aktivitas manusia dan menyebabkan gangguan kesetimbangan lereng untuk cenderung bergerak (Das, 2002). Menurut Nowak (2012) kegagalan konstruksi akibat kelongsoran dipicu oleh: 1). Struktur geologi tanah, 2). Adanya zona permeabilitas yang berbeda kontras antara lapisan pasir tersementasi dan lempung (inter-bedded cemented sand and clays), 3). Adanya rekahan alami- slip surface, 4). Adanya perubahan kadar air tanah akibat fluktuasi m-a-t maupun akibat musim hujan. Konstruksi DPT dibangun 2 tahap. Tahap pertama didirikan pada tahun 2011-2013, kemudian untuk mengikuti levelling tanah maka dibangun dinding penahan tahap kedua. Dari Gambar 1, tahap pertama menggunakan konstruksi DPT yakni suatu konstruksi gabungan dari fondasi strauss dia. 30 cm per jarak 3 m dengan plat, pasangan batu kali dan geotextile. Oleh karena diinginkan level tanah setinggi tanah sekitar bangunan gedung maka tahap kedua dibangun DPT dengan konstruksi yang sama tetapi tanpa geotextile.



Gambar 2. Rencana Konstruksi DPT

Selanjutnya dari hasil penyelidikan tanah dua titik bor dalam DB-1 dan DB-2 dapat dibuat stratigrafi tanah di lokasi adalah sesuai Gambar 2.



Gambar 3. Stratigrafi Tanah di Lokasi Hasil Penyelidikan Bor Dalam (Idrus, 2014)

Muka air tanah (m-a-t) berada pada -7 m (sesuai desain Gambar 3-1). Kemudian dari stratigrafi tanah sesuai pada Gambar 3, lapisan tanah setebal 4 - 6 m yang merupakan lapisan tanah lempung dengan konsistensi lunak – medium berdiri di atas lapisan tanah pasir tersementasi (*cemented sand*) hingga nilai N_{SPT} di atas 60 pada sisi DB-02, sedangkan pada sisi DB-01 lapisan tanah hingga kedalaman -9 m lebih bervariasi jenis tanahnya: *stiff clay*, *silty clay* dan *silt*. Sesuai struktur lapisan tanah di atas maka besar kemungkinan perbatasan antara lapisan tanah dengan konsistensi lunak-medium dan *cemented sand* tersebut merupakan bidang gelincir tanah bila terjadi *sliding* dalam. Untuk data strauss yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter (cm): 30 cm
- Kedalaman (m): 3 – 6 m
- Jarak antar *strauss*: 3 m
- Momen: 1,8 ton-m

HASIL PENELITIAN

Masalah utama rusaknya DPT di lokasi adalah DPT tersebut berdiri di atas tanah lunak – medium yang pada umumnya jenis tanah ini memiliki kuat dukung tanah rendah dan penurunan yang besar, selain itu lapisan tanah ini berada di atas lapisan tanah (*cemented sand*) dengan nilai $N_{SPT} > 60$. Sehingga perbatasan ke dua lapisan tersebut merupakan bidang gelincir akibat terganggunya lereng alami dengan adanya struktur DPT. Kuat dukung tanah yang rendah pada area DPT akan mudah memicu terjadi ketidakseimbangan pada tebing atau mudah terjadi kelongsoran. Juga adanya pasang surut m-a-t akan mengubah perilaku mekanis dari tanah terkait dengan kuat gesernya. Selain itu ujung dari fondasi strauss (jika menggunakan

mesin bor ringan) akan berada pada batas lapisan *cemented sand*- diduga tidak bisa menembus. Oleh karenanya ketika terjadi pergerakan tanah lateral kondisi ini menyebabkan fondasi besar kemungkinan bergeser- atau tidak mampu menahan pertambahan beban arah lateral akibat perubahan level tanah yang harus dipikul sistem DPT yang ada. Jadi ringkasan dari masalah utama ini adalah: 1). Permasalahan tanah lunak (utama), 2). Permasalahan posisi ujung fondasi *strauss* berada pada batas tanah medium – *cemented sand* atau pada bidang gelincir jika terjadi kelongsoran, dan 3). Permasalahan pasang surut m-a-t yang bisa menurunkan nilai perilaku mekanis (kuat geser) dari tanah.

Mekanisme apa yang sebenarnya terjadi di lapangan? Penurunan atau kelongsoran? Dengan terjadi penurunan konsolidasi selama 2 tahun saat DPT tahap pertama maka tanah lunak – medium memadat yang mengakibatkan kekuatan tanah naik sehingga lapisan tanah lunak – medium semakin stabil. Kondisi ini dapat dijelaskan bahwa selama 2 tahun menunjukkan bahwa konstruksi DPT tahap pertama tidak mengalami kerusakan. Hal ini disimpulkan bahwa penyebabnya **bukan penurunan**. Mekanisme yang terjadi cenderung akibat kelongsoran yang kemungkinan penyebabnya ada beberapa faktor yang dapat memberi kontribusi terhadap kelongsoran tersebut adalah sebagai berikut:

1. Penambahan tinggi elevasi?
2. Pergeseran fondasi *strauss*?

Sisi lain bahwa permasalahan yang terjadi adalah permasalahan lokal yang penyebabnya lokal dan bukan sesuatu yang global. Diperkirakan penyebabnya bukan penyebab tunggal tetapi gabungan berbagai sebab dan masih mungkin ada penyebab lain yang belum sempat dipertimbangkan. Mekanisme yang terjadi di atas tentunya hal tersebut akan dibuktikan melalui data.

Langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

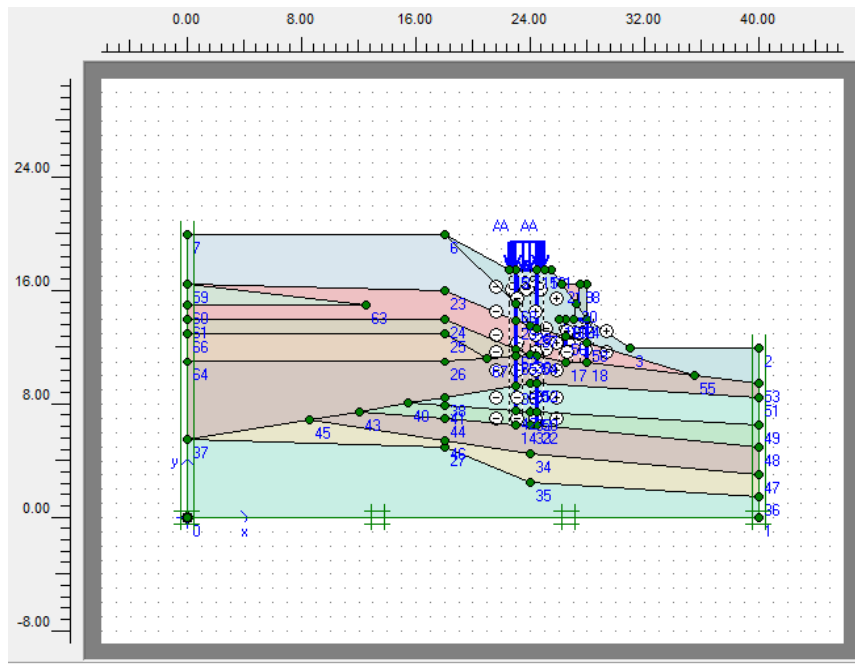
Mengumpulkan data teknis:

- Penyelidikan tanah, pengukuran level tanah, *as-built drawing* ,
- Informasi tentang aktifitas-aktifitas yang dapat merubah geometri,
- Tahap ini diperkirakan tidak lama dan mungkin sudah dikumpulkan oleh Perencana.

Setelah mendapatkan data teknis, secara paralel melakukan perhitungan *back-calculated* untuk memastikan penyebab kelongsoran.

Menggunakan DPT dengan prinsip kekakuan yang kekuatannya dapat dihitung terhadap pergerakan tanah (kepastian) untuk menyelesaikan bahwa dalam rekayasa geoteknik penuh dengan ketidakpastian (Darjanto et al, 2010).

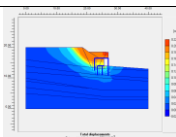
Untuk pemodelan program PLAXIS ver. 7.2 (PLAXIS 2D, 1998) menggunakan data penyelidikan tanah dan data gambar rencana DPT, sesuai Gambar 4.



Gambar 4. Model DPT (Dinding Penahan Tanah).

Dari sketsa, pengamatan di lapangan, data tanah, dan data gambar rencana maka dilakukan *back-calculated/analysis* dengan pemodelan numerik menggunakan program PLAXIS 2D (1998). Model dan hasil yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Back-Calculated

γ_{dry} kN/m ³	γ_{wet} kN/m ³	$m_x=k_y$ m/day	E_{ref} kN/m ²	ν	C_{ref} kN/m ²	ϕ °	R_{inter}	Gambar
Lapis <i>SoftClay</i> 01:								 Displ. 20 cm
14	16	0,0001	2500	0,33	3,5	15	0,70	
Lapis <i>MediumClay</i> 02:								
15,0	17,0	0,0001	3000	0,30	15	25	0,70	
Lapis <i>CementedSand</i> 03:								
17,0	21,0	0,5	120000	0,30	1	33	0,70	
Catatan:								
Beams : (Plate01)					Beams : (Strauss)			
EA : 8,400E+07 kN/m					EA : 4,725E+05 kN/m			
EI : 1,400E+07 kN/m ² /m					EI : 2783 kN/m ² /m			
w : 2,80 kN/m/m					w : 0,20 kN/m/m			
ν : 0,25					ν : 0,25			
Beams : (Borepile)					Pasangan Batu Kali : (Linear Elastic)			
EA : 4,725E+06 kN/m					γ_{dry} : 19 kN/m ³			
EI : 1,113E+05 kN/m ² /m					γ_{wet} : 20 kN/m ³			
w : 1,60 kN/m/m					E_{ref} : 10000 kN/m ²			
ν : 0,20					ν : 0,28			

Model ini merupakan perhitungan balik dari DPT saat *failure* dan parameter tanah dari hasil analisis balik tersebut digunakan untuk menyelesaikan kelongsoran. Angka keamanan pada saat DPT awal dibangun dan telah mengalami konsolidasi selama 2 tahun adalah SF=1.15. Kemudian DPT tersebut ditinggikan berkisar 2 m, setelah 1 tahun peninggian terjadi kelongsoran. Diduga angka keamanan DPT awal tidak mencukupi menahan pertambahan tinggi DPT setinggi 2 m.

Sebelum melakukan pekerjaan *soldier borepile* di elevasi +17,50 m di bawah elevasi teratas yakni +20 m (lihat: Model 01-PLAXIS), area selebar 3,5 m perlu dicerucuk dengan bambu 3 buah per cerucuk sedalam 3 – 4 m. Tahap berikutnya adalah melaksanakan pekerjaan *soldier borepile* sebagai dinding penahan tanah kemudian setelah itu dihilirnya baru mengerjakan DPT dari pasangan batu-pelat-*strauss*.

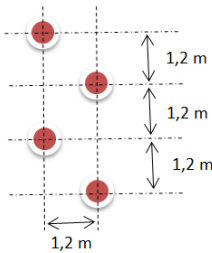
Data *Soldier Borepile*

Diameter : 0,60 m

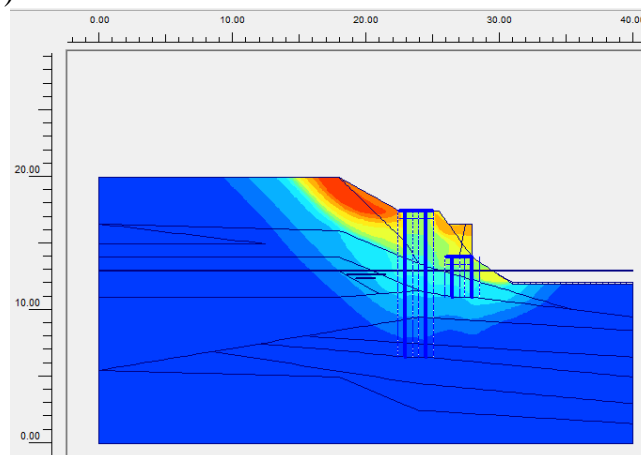
Konfigurasi : 2 baris, zig zag

Spasi : 1,2 m

Kedalaman : 12 m

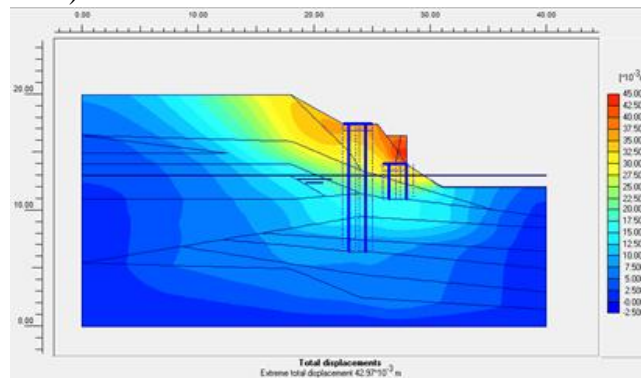


Model 01 (Gambar 5)



Gambar 5. Model 01.

Dari Model 01 didapat angka keamanan sebesar $SF = 1,65$ dan momen yang terjadi pada *soldier borepile* adalah sebesar 69,12 kN-m. Sedangkan *total displacement* yang terjadi adalah sebesar 43 mm (Gambar 6).

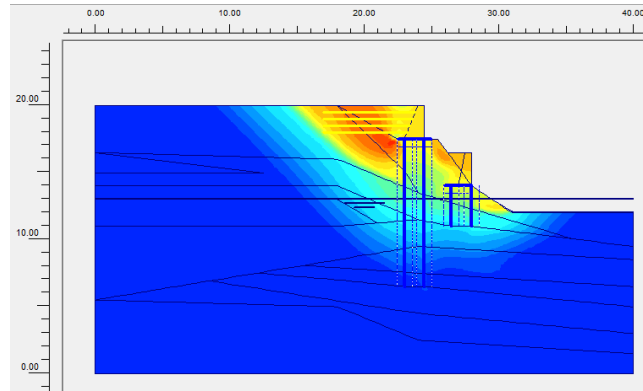


Gambar 6. Total Displ. 43 mm.

Model 01 posisi kepala *soldier borepile* berada 2,50 meter di bawah elevasi top dari hulu *soldier borepile* (+20,00 m) atau posisi kepala *soldier pile* berada di elevasi +17,50 m.

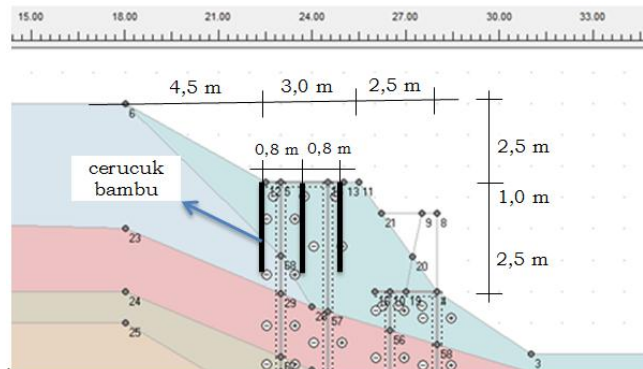
Model 02 (Gambar 7)

Dari Model 02 didapat angka keamanan sebesar $SF = 1,635$ dan momen yang terjadi pada *soldier borepile* adalah sebesar 170,5 kN-m. Sedangkan *total displacement* yang terjadi adalah sebesar 52 mm (Gambar 7).



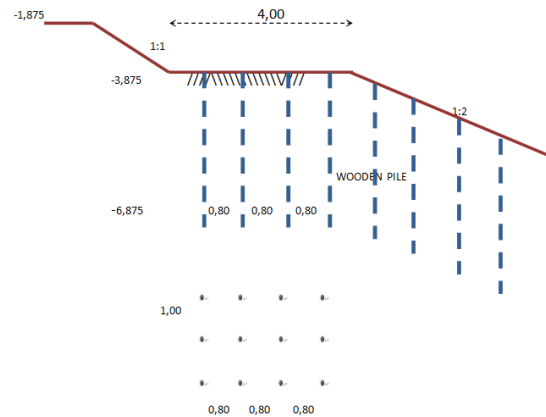
Gambar 7. Model 02.

Model 02: di atas *pilecap* diberi DPT dari pasangan batu dan diberi *geotextile* selebar 7 m dari dinding DPT kemudian ditimbun tanah hingga elevasi +20,00 m. Sebelum pelaksanaan area timbunan perlu diberi perkuatan tanah dengan, misal cerucuk bambu seperti pada Gambar 8.

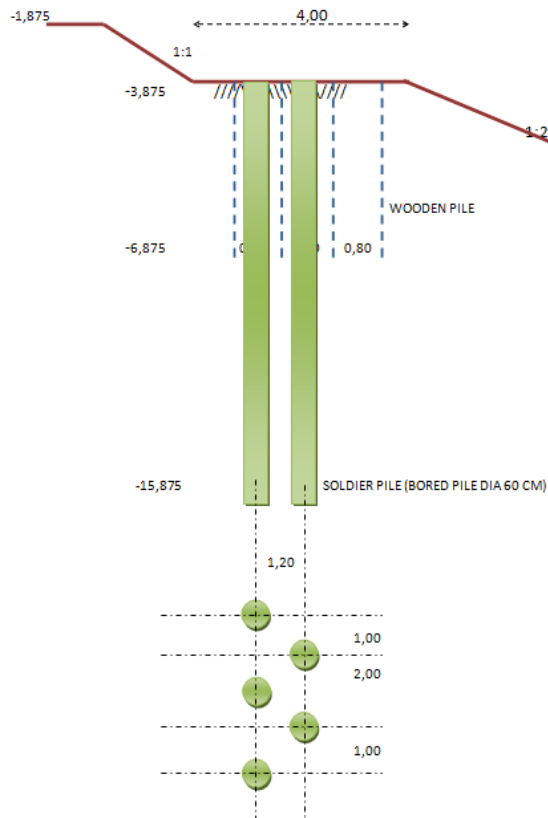


Gambar 8. Perkuatan Timbunan.

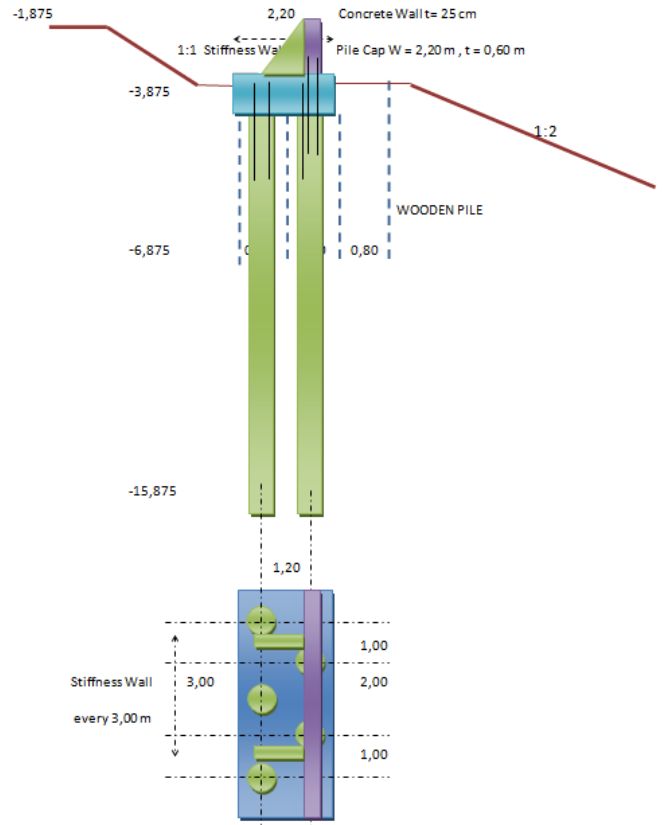
Step -1: *Soil Grading, Compaction and Wooden Pile*



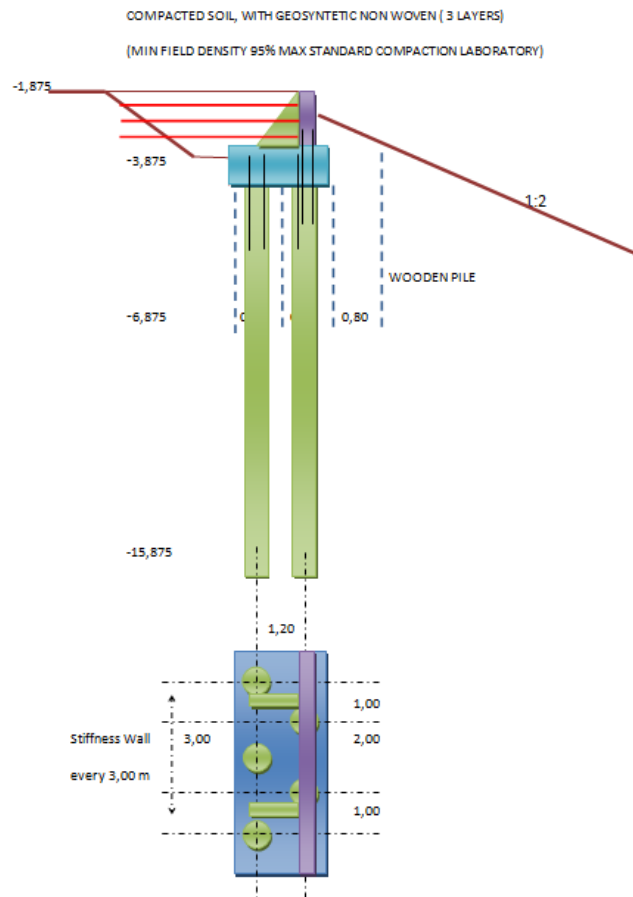
Step -2: Bored Piling



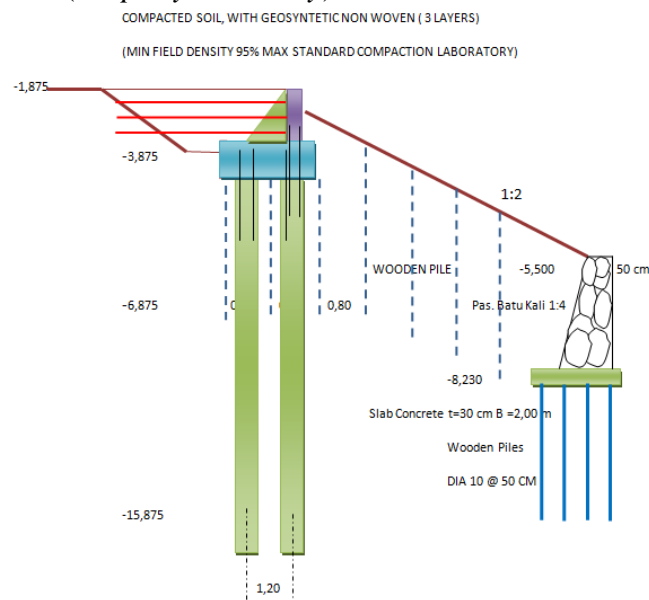
Step -3: Cutting Bored Piling, Pile Cap, Retaining Wall-1, Stiffness Wall



Step-4: Geotextile Work and Fill Soil (Leveling)



Step-5: Retaining Wall-2 (Property Boundary)



KESIMPULAN

Dari ulasan di atas ada beberapa ringkasan yang perlu diketahui adalah sebagai berikut:

1. Telah terjadi kegagalan konstruksi DPT di suatu tempat yang ternyata setelah dilakukan penyelidikan kegagalan konstruksi tersebut diakibatkan karena tidak cukupnya faktor keamanan dalam desain, sehingga saat DPT tersebut dinaikan ketinggiannya seperti pada Gambar 3-1 tanpa memperhatikan penambahan kekuatan fondasi bawahnya, yang ternyata tidak cukup kuat mendukung pertambahan beban akibat kenaikan tinggi DPT.

2. Terkait dengan aktifitas desain ilmu rekayasa geo-teknik, jangan diabaikan pentingnya penyelidikan tanah. Dari penyelidikan tanah dapat diketahui stratigrafi tanah juga fluktuasi muka air tanah.
3. Persyaratan desain kestabilan lereng yang memenuhi syarat terutama angka keamanan penting untuk diperhatikan, meskipun nampaknya hanya menambahkan tinggi DPT setinggi 2 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja, M., (2002), "*Principles of Geotechnical Engineering*". 5th Edition, Brooks/Cole, US.
- Darjanto, H., Wardani, SPR., Suharyanto (2010), "Perkuatan Tebing Pada Sungai Aliran Deras Ditinjau Dari Sisi Hidrolika Sungai & Tinjauan Geotekniknya", PIT-XIV Yogyakarta.
- Idrus, M. A., (2014), "Laporan Penyelidikan Tanah", PT. Geoinves, Jakarta.
- Nowak, A. Atkins, (2012), "*Design of New Earthworks*", ICE Manuals, Volume II Geotechnical Design, Construction, and Verification, BGA.
- PLAXIS 2D., (1998), "*Finite Element Code for Soil and Rock Analyses*". AA. Balkema, PO. Box 1675, 3000 BR Rotterdam, Netherland.